

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского»**

радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Методы анализа радиотехнических цепей»

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 «Радиофизика»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 г.

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Данная дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины по выбору» в 6 семестре 3 года обучения.

Целями освоения дисциплины являются:

- обучение студентов методам анализа радиотехнических цепей;
- подготовка специалистов к практическому применению полученных знаний, их использованию в теоретической и экспериментальной работе в области радиофизики;
- получение практических навыков анализа радиотехнических цепей.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Уметь решать стандартные задачи анализа радиотехнических цепей. Знать алгоритмические и программные решения в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей для анализа радиотехнических цепей.	Задача, собеседование
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов. ПК-2.2. Выбирает и применяет	Уметь самостоятельно приобретать новые знания по методам анализа радиотехнических цепей, используя современные образовательные и	Задача, собеседование

	<p>аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи. ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.</p>	<p>информационные технологии. Знать и применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий в области методов анализа радиотехнических цепей.</p>	
--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Методы анализа радиотехнических цепей»

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачётных единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Идеализированные элементы, основные законы, преобразования схем радиотехнических цепей

Резистор, индуктивность, емкость. Модели реальных резисторов, катушек индуктивностей и конденсаторов в виде соединения идеализированных элементов. Идеальные источники напряжения и тока. Зависимые источники. Модели транзисторов и радиоламп. Первый закон Кирхгофа (ЗТК). Второй закон Кирхгофа (ЗНК). Независимые уравнения ЗТК и ЗНК. Метод токов

элементов. Преобразования схем электрических цепей. Эквивалентные источники напряжения и тока. Перенос источников напряжения и тока. Преобразование схемы треугольника в эквивалентную звезду и наоборот. Теорема Тевенина. Теорема Нортон. Решение задач с помощью теорем Тевенина и Нортон.

Тема 2. Топологический анализ электрических цепей

Граф электрической цепи. Связный и несвязный граф. Дерево графа. Топологические матрицы. Правило построения независимых контуров. Матрица инцидентий и ее свойства. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы инцидентий. Сечения. Независимые сечения и правило их построения. Матрица сечений. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы сечений. Первое топологическое уравнение. Матрица контуров. Второй закон Кирхгофа в матричной форме. Правило построения основных контуров. Связь между топологическими матрицами. Связь между напряжениями ветвей графа и напряжениями ветвей дерева. Второе топологическое уравнение. Компонентные уравнения для линейной цепи в интегро-дифференциальной форме. Компонентные уравнения линейной цепи в синусоидальном установившемся режиме. Матрицы сопротивлений и проводимостей ветвей для схем с зависимыми источниками и схем с взаимной индукцией.

Тема 3. Метод контурных токов

Связь между токами в ветвях и контурными токами в матричной форме. Система контурных уравнений с использованием матрицы контуров. Матрица сопротивлений цепи и ее свойства для схем без зависимых источников. Правило составления контурных уравнений по внешнему виду электрической цепи. Решение системы контурных уравнений в синусоидальном установившемся режиме. Составление контурных уравнений для цепей с зависимыми источниками. Решение интегро-дифференциальных контурных уравнений при помощи преобразования Лапласа. Решение задач методом контурных токов.

Тема 4. Метод узловых потенциалов

Связь между потенциалами в узлах и напряжениями в ветвях в матричной форме. Узловые уравнения с использованием матрицы инцидентий. Матрица проводимости электрической цепи и ее свойства. Правило составления узловых уравнений по внешнему виду цепи. Узловые уравнения для цепей с зависимыми источниками. Решение задач методом узловых потенциалов. Сравнение методов контурных токов и узловых потенциалов.

Тема 5. Уравнения электрической цепи в пространстве состояний

Уравнения в пространстве состояний как основа современного машинного анализа электронных схем. Определение состояния. Переменные состояния. Общий вид уравнений состояния для нелинейной и линейной цепи в нормальной форме Коши. Примеры составления уравнений состояния для простых цепей. Алгоритм составления уравнений состояния для линейных цепей без зависимых источников. Примеры использования алгоритма для расчета электрических цепей. Алгоритм формирования уравнений состояния для линейных цепей с зависимыми источниками. Составление уравнений состояния для линейных параметрических цепей. Уравнения состояния для нелинейных цепей, особенности выбора переменных состояния. Примеры составления уравнений для нелинейных цепей. Решение уравнений в пространстве состояний на ЭВМ во временной области при произвольном входном воздействии. Разностные уравнения. Матричная экспонента.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе														
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				из них														
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	
Тема 1. Идеализированные элементы, основные законы, преобразования схем радиотехнических цепей	18			6								6			12			
Тема 2. Топологический анализ электрических цепей	18			6								6			12			
Тема 3. Метод контурных токов	23			6								6			17			
Тема 4. Метод узловых потенциалов	23			6								6			17			
Тема 5. Уравнения электрической цепи в пространстве состояний	25			8								8			17			
Промежуточная аттестация (зачёт)																		

4. Образовательные технологии

Аудиторные лекционные занятия, использование мультимедийного проектора, разбор конкретных радиотехнических цепей.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью учебной литературы и контролируется на зачёте.

Рекомендуемая литература:

- 1) Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Атабеков Г. И. Изд. Лань, 2009, 592 с.
- 2) Теория линейных электрических цепей. Белецкий А. Ф. Изд. Лань, 2009, 544 с.
- 3) Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов. Бакалов В. П., Дмитриков В. Ф., Крук Б. И., Изд. Горячая линия-Телеком, 2013, 596 с.
- 4) Теория электрических цепей. Учебник. Батура М. П., Кузнецов А. П., Курулев А. П., Изд. Минск: Вышэйшая школа, 2007, 608 с.
- 5) Теория электрических цепей. Соболев В. Н. Изд. Горячая линия-Телеком, 2014, 502 с.
- 6) Теория радиотехнических цепей. Часть 1. Зернов Н. В., Карпов В. Г. Изд. «Энергия», 1965, 892 с.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы.

При изложении материала предполагается, что студенты знакомы с дисциплинами «Общая физика» (разделы «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны») и «Математика» (разделы «Математический анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функции комплексного переменного»).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать модели идеализированных элементов радиотехнических цепей, законы Кирхгофа, методы преобразования схем, основы топологического анализа электрических цепей, методы контурного и узлового анализа, метод уравнений в пространстве состояний;
- уметь анализировать и математически описывать радиотехнические цепи;
- владеть представлением об основах теории электрических цепей, навыки составления и решения уравнений по разделам курса.

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	Очень хорошо	отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний из-за отказа от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов.
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий							
--	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Описание шкал оценивания (при использовании традиционных форм)

Зачтено	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт исчерпывающий ответ на один контрольный вопрос с небольшими ошибками, либо даёт ответ на один или два контрольных вопроса с 3-4 значительными ошибками.
Не зачтено	Ставится, если есть слабые знания по контрольным вопросам, или если отсутствуют знания по всем вопросам.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

– практические контрольные задания.

Курсовые работы не предусмотрены.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

- 1) Что такое идеализированные пассивные и активные элементы электрических цепей? Существуют ли в физическом мире точные аналоги идеализированных элементов?
- 2) Почему идеализированные источники напряжения и тока можно рассматривать как источники бесконечно большой мощности?
- 3) Что такое зависимые источники напряжения и тока? Как представить транзистор (радиолампу) эквивалентной схемой с зависимым источником?
- 4) Как пересчитать источник напряжения в эквивалентный ему источник тока (и наоборот)?
- 5) При каком условии источники тока и напряжения считаются эквивалентными?
- 6) Сформулировать теорему Тевенина и теорему Нортона.
- 7) Нарисовать эквивалентную схему Тевенина.
- 8) Нарисовать эквивалентную схему Нортона.
- 9) Какие ограничения накладываются на применение теорем Тевенина и Нортона?
- 10) Записать в аналитическом виде 1-й и 2-й законы Кирхгофа.
- 11) Сформулировать правило выбора независимых контуров.
- 12) Сформулировать правило составления контурных уравнений. Записать для синусоидального установившегося режима систему контурных уравнений для произвольной линейной электрической цепи.
- 13) Записать систему контурных уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.
- 14) Какова особенность составления контурных уравнений для электрических цепей, содержащих источники тока с бесконечно большим внутренним сопротивлением?
- 15) Как составляются контурные уравнения при наличии в схеме зависимых источников?

- 16) Как составляются контурные уравнения во временной области?
- 17) Записать систему узловых уравнений в алгебраическом виде для синусоидального установившегося режима для произвольной электрической цепи.
- 18) Записать систему узловых уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.
- 19) Какова особенность составления узловых уравнений для электрических цепей, содержащих источники напряжения с нулевым внутренним сопротивлением?
- 20) Как составляются узловые уравнения при наличии в схеме зависимых источников?
- 21) Когда при расчёте электрической цепи удобнее использовать метод контурных токов, а когда – метод узловых потенциалов?

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания, включают:

- Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Методы анализа радиотехнических цепей»,
- Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций,
- Вопросы к зачёту по дисциплине «Методы анализа радиотехнических цепей»,
- Задания и задачи, выносимые на зачёт,

И приведены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

- Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Атабеков Г. И. Изд. Лань, 2009, 592 с.
- Теория линейных электрических цепей. Белецкий А. Ф. Изд. Лань, 2009, 544 с.
- Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов. Бакалов В. П., Дмитриков В. Ф., Крук Б. И., Изд. Горячая линия-Телеком, 2013, 596 с.

б) дополнительная литература:

- Теория электрических цепей. Учебник. Батура М. П., Кузнецов А. П., Курулев А. П., Изд. Минск: Вышэйшая школа, 2007, 608 с.
- Теория электрических цепей. Соболев В. Н. Изд. Горячая линия-Телеком, 2014, 502 с.
- Теория радиотехнических цепей. Часть 1. Зернов Н. В., Карпов В. Г. Изд. «Энергия», 1965, 892 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению «Радиофизика», профиль «Радиофизика и электроника».

Автор _____ Ивлев Д.Н.

Рецензент _____ Бакунов М.И.

Заведующий кафедрой _____ Фитасов Е. С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.